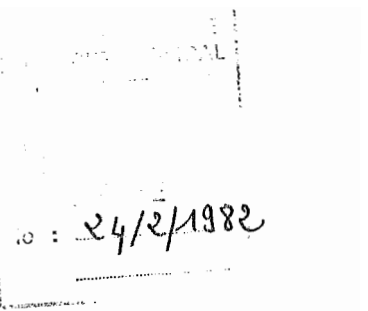


DOUBLE

NOTE DE SYNTHESE SUR L'ESSAI

MANGORO n° XXXIV

FERTILISATION N.P.K. D'EUCALYPTUS 12 ABL.



D. LOUPPE
Avril 1981.

CR (13-9) (2) (8)

NOTE DE SYNTHESE SUR L'ESSAI

MANGORO n° XXXIV

FERTILISATION N.P.K. D'EUCALYPTUS 12 ABL.

odc: (694) : 1761 E. 12 ABL: 232.451

0. INTRODUCTION

Cette note a pour but de faire le point d'un essai de fertilisation d'Eucalyptus à la plantation (essai factoriel NPK.)

De cet essai, jeune encore, nous n'avons que des mensurations en hauteur, effectuées annuellement jusqu'à l'âge de 5 ans. A cette date, nous disposons également des mesures de circonférence.

I. CONDITIONS DE L'ESSAI

11- LOCALISATION

L'essai est situé dans le périmètre de reboisement de la FANALAMANGA, dans la dépression du Haut-Mangoro, série B, sous-série B2, parcelle 22.

12- PEDOLOGIE

Terrain plat.

Sol développé sur des couches de matériaux grossiers déposés par l' Ankona.

CR (13-P) (2) (8)



Le sol est de type ferrallitique fortement désaturé, lessivé, hydromorphe formé sur alluvions fluviatiles relativement récentes.

A titre indicatif, voici l'analyse chimique du profil n°30 (Bouchard - Le Buanec 1967) proche de l'essai.

<u>n° de l'échantillon</u>	<u>1</u>	<u>2</u>
Profondeur	0 - 20	20 - 90
pH	4,7	4,6
Humidité % à pF 2	10,58	5,92
"- à pF 4,2	8,10	4,11
Eau disponible %	2,48	1,81
<u>GRANULOMETRIE</u>		
Sable grossier %	73,66	73,70
Sable fin %	10,59	14,55
Sable très fin %	1,70	4,18
Limon %	4,50	7,00
Argile %	3,50	4,50
<u>ELEMENTS ORGANIQUES</u>		
C %	2,50	0,22
Matière organique %	4,31	0,37
N ‰	1,20	0,20
C/N	20,8	11,0
<u>COMPLEXE ABSORBANT</u>		
Acide phosphorique assimilable	0,014 ‰	0,012 ‰
Ca échangeable m.e. %	0,06	0,28
Mg "- "- "	0,13	0,20
K "- "- "	0,04	0,09
Na "- "- "	0,01	0,02
Somme des bases échangeables	0,24	0,59
Capacité d'échange	0,50	4,90
Degré de saturation %	48,00	12,04
Instabilité structurale	0,19	1,27

La texture du sol est grossière. Seul l'horizon superficiel est bien pourvu en matière organique et en azote (le rapport C/N est cependant assez élevé).

Le sol est très acide = pH 4,6

La teneur en acide phosphorique est insignifiante 0,013 % (TRUOG)

Le sol est pauvre en bases échangeables.

La capacité d'échange est très faible.

13. CLIMATOLOGIE

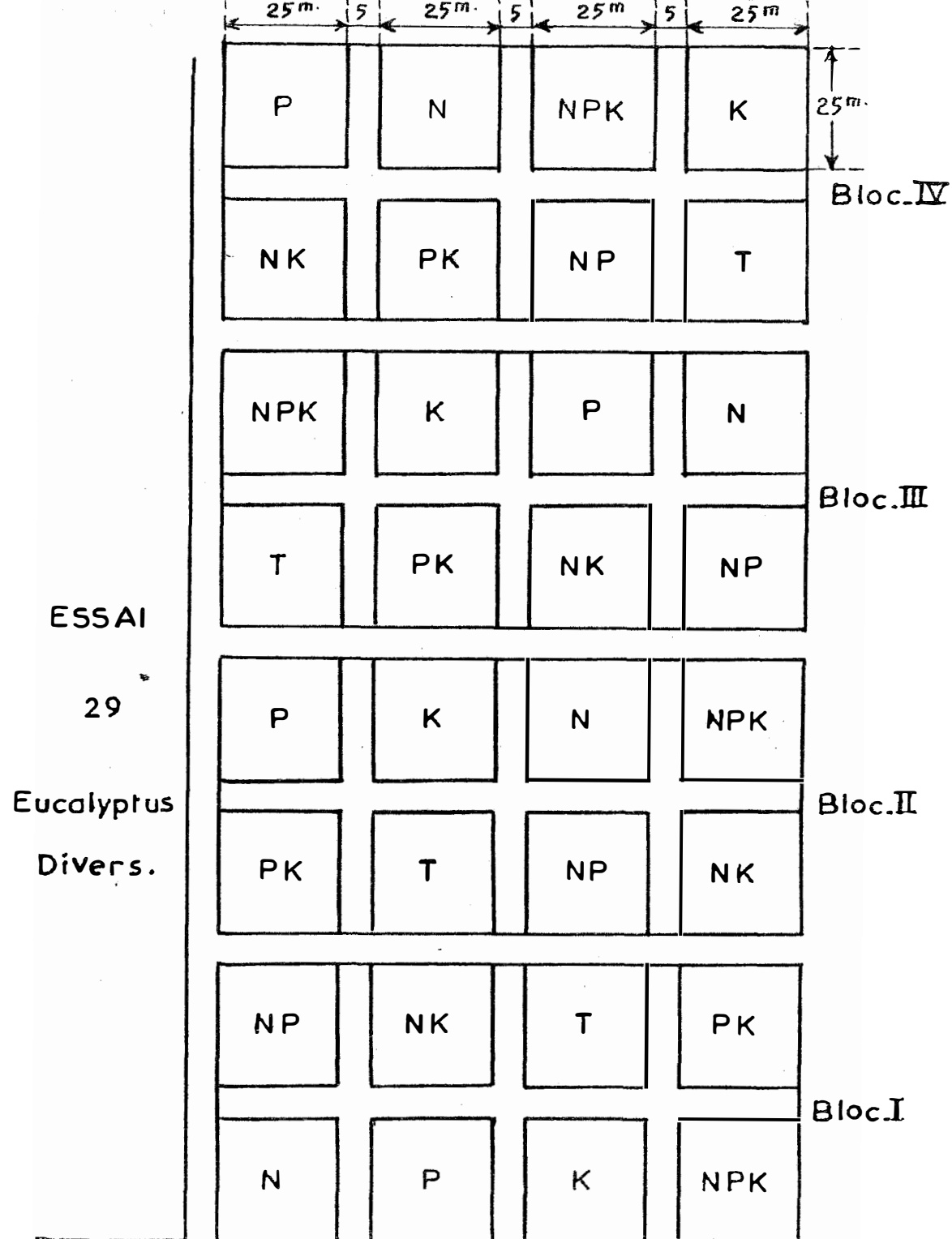
Le tableau ci-dessous rassemble les pluviométries mensuelles depuis la mise en place de l'essai.

	J	A	S	O	N	Déc	J	F	M	A	M	J	Année
1975-76	24,9	33,2	11,6	16,0	161,0	481,8	260,3	167,5	46,3	120,1	53,9	11,7	1395,3
1976-77	29,5	22,4	4,6	52,9	144,4	442,4	262,0	487,1	211,0	41,6	9,3	22,4	1729,6
1977-78	15,3	31,5	18,6	133,6	56,0	97,0	184,8	223,8	124,2	83,0	19,9	33,8	1021,5
1978-79	57,6	12,0	10,4	26,9	119,9	117,6	144,9	251,1	94,8	25,6	48,1	21,5	930,4
1979-80	57,8	43,4	13,6	7,9	158,5	256,2	362,2	189,4	311,1	26,2	26,1	16,3	1468,7
Moyenne	37,0	28,5	11,8	47,5	128,0	280,4	242,8	263,8	157,5	59,3	31,5	21,1	1309,1

Cette période est relativement sèche = la moyenne des précipitations observées de 1969 à 1976 à la même station est de 1653,7 mm et la moyenne 1927-67 à Moramanga (+ 25 Km au Sud de l'essai) est de 1529,2 mm.

14. DISPOSITIF EXPERIMENTAL

- Le plan de l'essai est présenté ci-après.
- Espèce test = Eucalyptus 12 ABL
- Le dispositif expérimental consiste en un essai factoriel NPK à 4 répétitions en blocs complets entièrement randomisés.
- Parcelles carrées de 25 x 25m comprenant 64 plants à 3 x 3m.
1 ligne de bordure par parcelle.
- Les doses d'engrais par plant sont :
 - pour l'Azote = 30 g. d'Ammonitrate
 - le phosphate = 50 g. de Supertriple et
100 g. d'Hyperphosphate
 - la potasse = 50 g. de Sulfate de potasse
- Application de l'engrais au trou de plantation 1 à 2 jours avant la mise en place des plants.



Travail du sol: Trouaison puis sarclage.

Densité de Plantation: $3 \times 3 = 1.100 \text{ Pl./Ha}$

Nombre de Plants: $8 \times 8 \text{ plants} = 64 \text{ Pl./Par}$

Nombre total de Plants: 2048 Plants.

Traitements (au trou de plantation).

N: 30g. Ammonitrate.

P { 50g. Supertriple.

100g. Hyperphosphate.

K: 50g. Sulfate de potasse.

Fertilisation: le 28 Avril 75.

Plantation: 29, 30 Avril 75.

Blocs III et IV: Boulettes.

Blocs I et II: Tubes moyens gaine
plastique coupée longitudinalement

D. R. F. P.			
PROGRAMME SYLVICULTURE.			
ESSAI N°34 MANGORO			
FERTILISATION NPK.			
EUCALYPTUS 12 ABL.			
Par	Dessin de	Date	N°
C. Malvos	Rakotonary E.	30-4-75	114

21- Mortalité.211- à la plantation.

Le tableau ci-dessous présente les résultats des comptages, avant remplacement, à l'âge de deux mois.

Traite- ment.	Tubes			Traite- ment.	Boulettes			Total
	Bloc	Bloc	Total		Bloc	Bloc	Total	
	I	II			III	IV		
T	0	0	0	T	0	2	2	2
N	0	1	1	N	2	4	6	7
P	0	0	0	P	4	2	6	6
K	0	0	0	K	3	2	5	5
NK	0	1	1	NK	1	3	4	5
NP	1	1	2	NP	4	1	5	7
PK	1	2	3	PK	2	0	2	5
NPK	1	1	2	NPK	4	3	7	9
	3	6	9		20	17	37	
%			1,0				4,1	

Aucune influence de l'engrais sur la mortalité ne semble pouvoir être mise en évidence à cet âge.

La mortalité est un peu plus importante avec la plantation en boulettes mais reste cependant très faible.

Les regarnissages ont été faits le 24 Juin 1975.

212. Evolution dans le temps,

Le tableau ci-après donne le comptage des plants morts à l'âge de 14 mois (Juin 1976).

Traitements	I	II	III	IV	T	%
T	2	4	0	2	8	3,1
N	30	19	10	5	64	25,0
P	1	0	2	1	4	1,6
K	2	3	4	0	9	3,5
NP	3	0	0	1	4	1,6
NK	8	5	4	5	22	8,6
PK	1	4	0	1	6	2,3
NPK	3	2	5	0	10	3,9
TOTAL	50	37	25	15	127	7,1

Il apparaît très nettement une influence défavorable de l'azote apporté seul = 25 % de mortalité.

La mortalité évolue dans le temps mais de façon uniforme pour tous les traitements comme le montre le tableau ci-dessous.

ESSAI MANCOCO n°34

Factoriel NPK sur 12 ABL

Taux de survie (%) à l'âge de 5 ans 2 mois

Traitements	I	II	III	IV	T	m	σ^2
T	86,1	83,3	91,7	100,0	361,1	90,3	40,7
N	61,1	61,1	83,3	80,6	286,1	71,5	109,6
P	88,9	86,1	91,6	94,4	361,0	90,3	9,5
K	80,6	80,6	88,9	97,2	347,3	86,8	47,4
NP	80,6	86,1	94,4	97,2	358,3	89,6	43,5
NK	86,1	88,9	91,6	80,6	347,2	86,8	16,6
PK	91,7	86,1	97,2	94,4	369,4	92,4	16,8
NPK	86,1	88,9	88,9	100,0	363,9	91,0	22,5
T	661,2	661,1	727,6	744,4	2794,3		
m	82,7	82,6	91,0	93,1		87,3	

Tableau d'analyse de la variance

Sources de variations	SCE	ddl	CM	F obs.	F	
					0,95	0,99
Traitement	1244,2	7	177,7	7,02 **	2,50	3,65
Blocs	718,0	3	239,3	9,44 **	3,08	4,88
Erreur	532,1	21	25,3			
Total	2494,3	31				

CV = 5,8 %

ppds = 7,4 %

Traitements	PK	NPK	T	P	NP	NK	K	N
%	92,4	91,0	90,3	90,3	89,6	86,8	86,8	71,5

Seul l'effet dépressif de l'azote se marque statistiquement.

22. Croissance en hauteur.

Le tableau ci-dessous résume l'évolution de la hauteur moyenne (en cm) des arbres vivants au cours de l'essai.

Traitements	Ages (Années)				
	1	2	3	4	5
O	104	242	398	539	667
N	90	221	370	510	656
P	120	257	422	559	684
K	94	239	407	556	704
NP	169	355	532	670	805
NK	115	270	456	607	727
PK	121	262	439	596	745
NPK	151	317	499	657	803

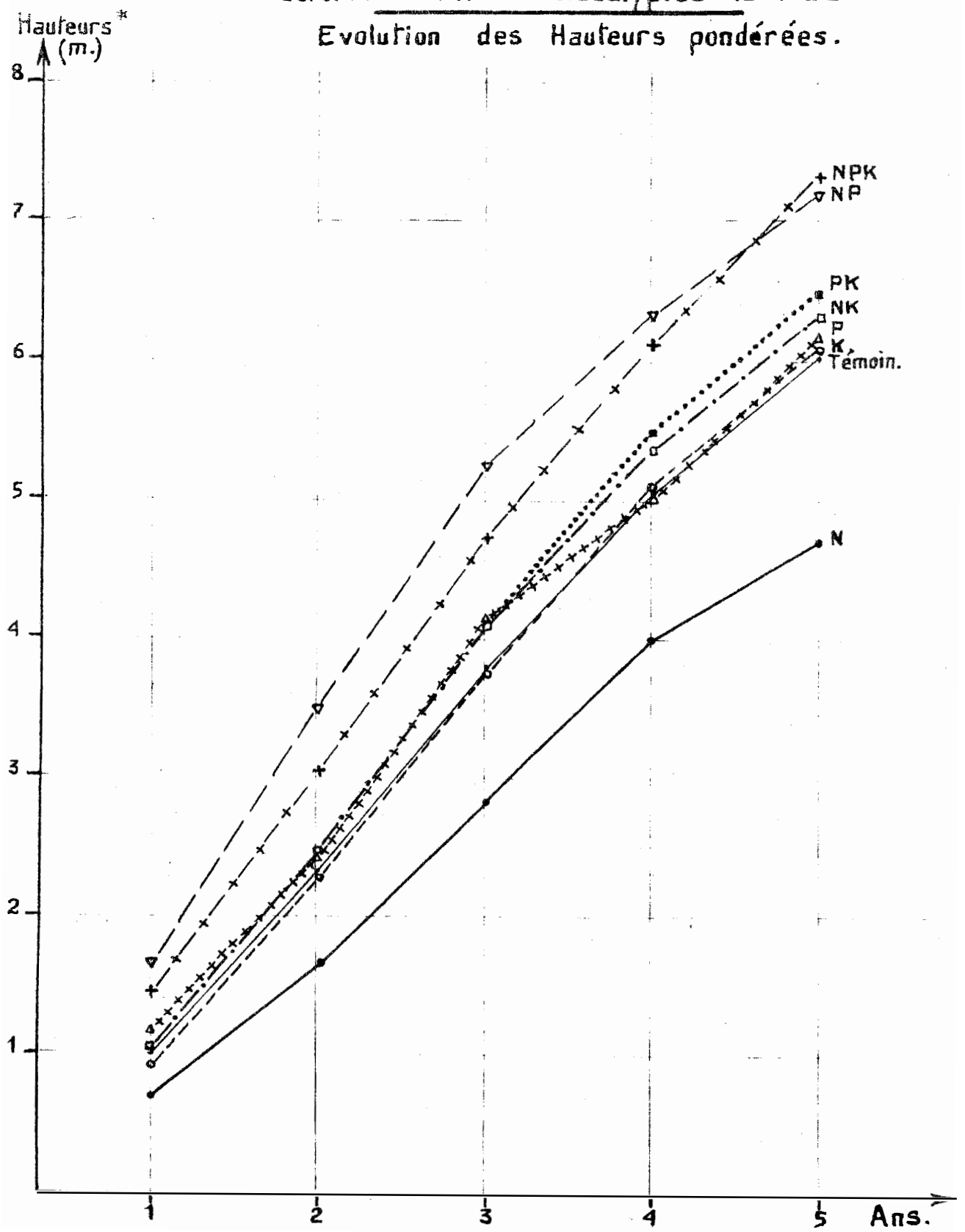
Ces valeurs donnent un aperçu de la croissance individuelle des arbres mais non de l'ensemble des traitements puisque nous avons pu constater au paragraphe précédent que l'engrais avait une influence sur la mortalité (l'azote tout au moins).

Pour faire intervenir ce facteur mortalité dans les analyses, nous utiliserons donc la hauteur moyenne pondérée par le taux de survie =

$$\frac{\text{Hauteur moyenne} \times \text{taux de survie}}{100}$$

ESSAI MANGORO N°34.

Factoriel NPK sur Eucalyptus 12 ABL Evolution des Hauteurs pondérées.



* Pondérées par le taux de survie.

L'analyse de la variance, nous donne, à 14 mois les comparaisons suivantes :

- les différences entre blocs sont significatives
- les différences entre engrais sont très hautement significatives = ppds = 23,15 cm.

Engrais	!	NP	NPK	P	PK	NK	T	K	N
Hauteurs	!	166	145	118	118	105	101	91	69

Les fertilisations NP et NPK montrent un effet starter très net.

L'apport d'azote par contre est très fortement dépressif sur la croissance et la reprise du pin.

Il apparaît intéressant de dégager les interactions entre les différents éléments fertilisants. Ce qui est possible par les comparaisons orthogonales en utilisant les coefficients suivants :

	O	N	P	K	NP	NK	PK	NPK
Effet N	-	+	-	-	+	+	-	+
Effet P	-	-	+	-	+	-	+	+
Effet K	-	-	-	+	-	+	+	+
Interactions								
N P	+	-	-	+	+	-	-	+
N K	+	-	+	-	-	+	-	+
P K	+	+	-	-	-	-	+	+
N P K	-	+	+	+	-	-	-	+

Ce qui nous conduit à l'obtention du nouveau tableau d'analyse de la variance ci-dessous :

Origine des variations	SCE	ddl	CM	F obs	F 0,95	F 0,99
Blocs	2890	3	963	3,89	3,08	4,88
Effet N	1639	1	1639	6,62 *	4,33	8,02
" P	16245	1	16245	65,58 **		
" K	11,3	1	11,3	0,46		
Int. NP	4301	1	4301	17,36 **		
NK	294	1	294	1,19		
PK	1140	1	1140	4,60 *		
NPK	2261	1	2261	9,13 **		
Erreur	5202	21	248			
Total	33983	31				

L'effet P est très hautement significatif

L'effet N est significatif et K n'a aucun effet.

Les interactions NP et NPK sont hautement significatives, l'interaction PK est significative.

Il apparaît donc, et le fait est très intéressant que N seul a un effet dépressif nettement marqué, par contre appliqué avec du Phosphore ou les engrais phospho-potassiques, il a un effet de synergisme appréciable.

La potasse seule ou appliquée avec de l'Azote ne montre aucun effet.

ESSAI MANGRO n° XXXIV

FACTORIEL NPK sur Enc. 12 AEL

Hauteurs * à deux ans (Mai 1977)

Traitements	I	B L O C S II II	IV	T	m	J ²	
Témoïn	179	173	305	278	935	234	3431
N	139	142	214	196	661	165	1757
P	285	273	269	204	971	243	855
K	203	205	267	233	908	227	674
NP	326	318	394	358	1396	349	899
NK	225	256	296	206	983	246	1160
PK	233	220	294	245	992	248	784
NPK	296	292	306	320	1214	304	117
Total	1796	1879	2345	2040	8060		
Moyenne	225	235	293	255		252	

* Hauteurs pondérées par le taux de survie.

TABLEAU D'ANALYSE DE LA VARIANCE

Sources de variations	SCE	ddl	CM	F obs	F 0,95	F 0,99
Engrais	82792	7	11820	14,86 ***	2,50	3,65
Blocs	21998	3	7333	9,22 **	3,08	4,88
Erreur	16706	21	796			
Total	121446	31				

C.V. = 11,2 %

ppds = 41,48 cm.

L'analyse de la variance d'aujourd'hui nous montre que :

Les différences entre blocs sont hautement significatives, celles entre engrais le sont très hautement - la p.p.d. = 41,5 cm.

Engrais :	NP	NPK	PK	NK	P	T	K	N
Hauteur :	349	304	248	246	243	234	227	165

La fertilisation NP apparaît être la meilleure, suivie par NPK.

Se distingue également du témoin, par son effet dépressif; la fertilisation azotée.

La comparaison orthogonale confirme les résultats de la première année.

Origine des variations	SCE	ddl	CM.	F obs.	F. 0,95
Blocs	21998	3	7333	9,22 **	3,08
Effet N	6272	1	6272	7,88 *	4,33
" P	36856	1	36856	46,33***	
" K	561	1	561	0,71	
Inter NP	22366	1	22366	28,11 **	
" NK	666	1	666	0,84	
" PK	6498	1	6498	8,16 **	
" NPK	9522	1	9522	11,97 **	
Erreur	16706	21	795		
Total	121446	31			

ESSAI NANGORO n° XXXIV

FACTORIPL NPK sur Enc. 12 ABL

Hauteurs * à trois ans (Août 1978)

Trai- tement	B l o c s				T	n	σ^2
	I	II	III	IV			
Témoin	289	284	499	448	1520	380	9071
N	482	257	373	314	1126	282	4982
P	355	522	418	364	1659	415	4415
K	313	360	415	421	1509	377	1941
NP	483	481	589	543	2096	524	2029
NK	382	405	495	353	1635	409	2819
PK	381	372	483	420	1656	414	1913
NPK	459	479	454	502	1894	474	358
Total	2844	3160	3726	3365	13095		
Moyenne	356	395	466	421		409	

* Hauteurs pondérées par le taux de survie.

TABLÉAU D'ANALYSE DE LA VARIANCE

Sources de variations	SCE	ddl	CM	F obs	F 0,95	F,099
Engrais	142193	7	20313	7,25**	2,50	3,65
Blocs	51310	3	17103	6,11**	3,08	4,88
Erreur	58800	21	2800			
Total	252303	31				

C.V. = 12,9 %
ppds = 77,8 cm

l'analyse de la variance à trois ans montre que les différences de traitements entre blocs sont hautement significatifs = la p.p.d.s égale 70 cm.

Engrais :	NP	NPK	P	PK	NK	T	K	N
Hauteur :	524	474	415	414	409	380	377	282

Les fertilisations NP et NPK continuent à montrer le meilleur effet, l'azote reste également dépressif s'il est appliqué seul.

Les comparaisons orthogonales permettent l'analyse de la variance suivante :

Sources de variations	SCE	ddl	CM	F obs
Blocs	51310	3	17103	6,11 **
N	5177	1		1,85
P	71726	1		25,62 ***
K	2683	1		0,96
NP	27789	1		9,92 **
NK	3320	1		1,15
PK	15444	1		5,51 *
NPK	16155	1		5,77 *
Erreur	58800	21	2800	
Total	252303	31		

A trois ans, nous constatons donc que les seuls effets perceptibles statistiquement sont ceux du phosphore seul ou combiné avec les autres éléments.

FACTORIEL NPK SUR Euc.12 ABL

Hauteurs * à quatre ans (Juin 79)

Traitements	B l o c s				T	n	Σ
	I	II	III	IV			
Témoin	390	376	647	604	2017	504	14057
N	250	353	502	515	1600	400	12655
P	457	542	534	479	2012	503	1294
K	440	463	558	579	2040	510	3544
NP	597	557	707	669	2530	633	3461
NK	496	529	644	470	2139	535	4416
PK	517	513	624	545	2199	550	1990
NPK	602	616	561	665	2444	611	1381
Total	3749	3929	4777	4526	16981		
Moyenne	469	491	597	566		531	

TABLEAU D'ANALYSE DE LA VARIANCE

Sources de variations	SCE	ddl	CM	F obs	F 0,95	F 0,99
Engrais	144674	7	20 668	5,03 **	2,50	3,65
Blocs	88482	3	29 494	7,18 **	3,08	4,88
Erreur	86299	21	4 109			
Total	319455	31				
			C V	= 12,1 %		
			ppds	= 94,3 cm		

L'analyse de la variance à quatre ans montre toujours des blocs et les traitements différents de façon hautement significative. Le ppds = 94 cm.

Engrais	1	NP	NPK	PK	NK	K	T	P	N
Hauteurs	1	633	611	550	535	510	504	503	400

NP et NPK restent toujours différents du témoin ainsi que N, mais ce dernier à son désavantage.

Les comparaisons orthogonales donnent :

Sources de variations	SCE	ddl	C.M.	F obs.
Blocs	88.482	3	29.494	7,18 **
N	6 188	1		1,51
P	60 291	1		14,67 **
K	13 737	1		3,34
NP	36 518	1		8,89 **
NK	1 845	1		0,45
PK	6 641	1		1,62
NPK	19 454	1		4,73 *
Erreur	86 299	21	4.109	
Total	319 455	31		

Seul le phosphore semble encore avoir une action : il y a encore interaction entre N et P et N - P et K mais plus entre P - K comme l'année précédente.

ESSAI MINERO n° 34

ESSAI FACTORIEL NPK SUR Pop. 12 ABL

Mensurations le Juin 1980 - Age 5 ans 2 mois

Hauteur en cm* - Surface terrière en dm² /ha

Traitements		B l o c s				Σ	m	G ²
		I	II	III	IV			
Témoin	h	429	421	758	819	2407	602	32
	st	238	241	685	739	1903	476	56
N	h	354	408	641	471	1874	469	12
	st	292	326	546	322	1486	372	10
P	h	604	599	676	593	2472	618	1
	st	416	447	607	399	1869	467	7
K	h	507	564	642	729	2442	611	7
	st	445	440	468	604	1957	489	4,5
NP	h	557	606	857	865	2885	721	20
	st	448	445	896	774	2563	641	40
NK	h	590	630	718	586	2524	631	3
	st	447	539	562	452	2000	500	3
PK	h	683	628	774	668	2753	688	3
	st	571	562	734	452	2319	580	10
NPK	h	724	687	706	805	2922	731	2
	st	653	569	637	703	2562	641	2
TOTAUX	h	4448	4543	5752	5536	20279		
	st	3510	3569	5135	4445	16659		
Moyenne	h	556	568	719	692		634	
	st	439	446	642	556		521	

* Pour tenir compte de la mortalité, qui peut être une conséquence des engrais, nous multiplions la hauteur moyenne des arbres vivants par leur taux de survie.

Tableau d'analyse de la variance des hauteurs pondérées par le taux de survie (avec comparaisons orthogonales).

Sources de variations	SCE	ddl	C.M	F obs.
Blocs	168 362	3	56121	7,91 **
Engrais	196 459	7	28066	3,95 **
N	536	1		0,08
P	99 570	1		14,03 **
K	31 438	1		4,43 *
NP	33 347	1		4,70 *
NK	4 301	1		0,61
PK	4 209	1		0,59
NPK	23 059	1		3,25
Erreur	149 036	21	7097	
Total	513 856	31		

C.V. = 13,2 %

ppds = 124cm

Après cinq ans, nous avons toujours des blocs et des traitements qui diffèrent de façon hautement significative :

Traitements !	NPK	NP	PK	NK	P	K	T	N
Hauteurs !	731	721	688	631	618	611	602	469

Nous n'observons plus d'effet azote (autre que l'effet dépressif à la plantation), par contre, l'effet de la potasse commence à se marquer. L'effet phosphore est toujours très net et son interaction avec l'azote est encore perceptible au contraire de l'interaction N P K.

SURFACE TERRIÈRE.

L'analyse des résultats présentés au tableau précédent donne :

Tableau d'analyse de la variance des surfaces
terrières rapportées à l'hectare.

Sources de variations	SCE	ddl	CM	F obs.
Engrais	243226	7	34747	2,40
Blocs	225443	3	75148	5,18 **
Erreur	304343	21	14493	
Total	773012	31		

$$C.V. = 23,1 \%$$

Les différences entre traitement sont presque significatives. ($F_{0,95} = 2,50$ pour 7 - 21 ddl).

L'analyse ne permet donc pas de distinguer des différences entre engrais. Néanmoins le classement des traitements est le suivant.

Traitement	NPK	NP	PK	NK	K	T	P	N
ST=dm ² /ha.	641	641	580	500	489	476	467	372
%	100	100	90,5	78,0	76,3	74,3	72,9	58,0

et les traitements NPK - NP et PK ressortent nettement.

III. CONCLUSIONS

Cet essai installé sur un sol très pauvre avec un Eucalyptus qui s'est révélé être très moyen dans l'essai 29 donne cependant des résultats intéressants.

- Au niveau de la reprise.

La plantation en tube semble assurer une meilleure reprise que la boulette (1% de mortalité contre 4,1° pour la boulette)

Après un an, on peut constater l'effet néfaste (25% de mortalité) de l'apport d'azote seul. L'apport d'azote simultanément à un ou plusieurs autres éléments n'a plus cet effet défavorable sur la reprise.

Après 5 ans on observe 10% de mortalité de plus chez les plants élague
en coupe

- Au niveau de la croissance en hauteur.

En ce qui concerne la croissance individuelle (moyenne des arbres vivants) nous obtenons le classement suivant :

NP NPK PK NK K P O N.

En réalité, pour tenir compte de la mortalité importante affectant les parcelles N, nous avons utilisé pour les analyses les hauteurs pondérées par le taux de survie.

L'analyse orthogonale nous a permis de mettre en évidence les effets des divers éléments fertilisants et leur interactions.

Synthèse des résultats des comparaisons
orthogonales

Sources de variations	Age (Années)				
	1	2	3	4	5
N	S	S			
P	HS	THS	THS	HS	HS
K					S
NP	HS	HS	HS	HS	S
NK					
PK	S	HS	S		
NPK	HS	HS	S	S	

S = Significatif

HS = Hautement significatif

THS= Très hautement significatif.

Il apparaît que l'effet de l'azote se marque pendant les deux premières années puis disparaît bien que l'interaction NPK reste sensible jusqu'à l'âge de 4 ans et celle NP au delà de 5 ans.

L'effet du phosphore est le plus net dès le début de l'essai et reste important encore après cinq ans. Les interactions de P avec les autres éléments nettement sensibles au départ ont tendance à s'ame-
nuiser avec le temps. Ceci est très net pour PK, moins marqué pour NPK et léger pour NP.

Par contre, la potasse qui n'avait aucun effet durant les 4 premières années commence à devenir active en cinquième.

La potasse semblerait donc avoir un effet retard. Quel est l'importance de celui-ci ? Il est nécessaire d'attendre pour en connaître l'évolution.

Actuellement deux fertilisations sont équivalentes NP et NPK (bien que seule NPK diffère statistiquement du témoin à 5 ans). Le choix de la meilleure dépend donc de l'évolution future de l'effet K.

- Au niveau des surfaces terrières.

L'analyse statistique ne met en évidence aucune différence entre engrais. Néanmoins ressortent très nettement NPK - NP et P K qui montrent des surfaces terrières de 20 % et plus supérieures au témoin.